

Nanotecnologia: Atualidade e Tendências

Fernando Galembeck

Instituto de Química da Unicamp

Instituto do Milênio de Materiais Complexos

Sumário

- O que é nanotecnologia
- Utilização
- Nanotecnologia na indústria química e em indústrias de processo químico
- Gerando produtos nanotecnológicos

Significado prático

EDISON



BOHR

Conteúdo de
conhecimento

O quadrante de
Pasteur

Dois países: escolha o seu

- Em um, se ouve o seguinte:
- “Já sabemos gastar dinheiro para produzir conhecimento. Agora, precisamos aprender a usar o conhecimento para produzir riqueza.”
- “Ainda não fazemos inovação com a nossa ciência, porque ela ainda é muito nova”
- O outro é o líder mundial em inovação na produção de combustíveis, de fonte renovável e a preço competitivo com o do petróleo.
- Competitivo na produção metal-mecânica, de equipamentos para transportes, petroquímica, de papel e celulose, siderurgia e agronegócio *baseado em inovação*.

Definições

Box 2.1 Definitions of nanoscience and nanotechnologies

Nanoscience is the study of phenomena and manipulation of materials at atomic, molecular and macromolecular scales, where properties differ significantly from those at a larger scale.

Nanotechnologies are the design, characterisation, production and application of structures, devices and systems by controlling shape and size at nanometre scale.

O que é?

- Conjunto de tecnologias
- ...geradoras de novos produtos ou processos...
- ...baseadas na **estruturação da matéria a partir da escala nanométrica**
 - ...que é a escala de tamanho das moléculas pequenas e das menores partículas coloidais.
1 metro = 1 bilhão de nanômetros

Onde estão as aplicações importantes?

- Eletrônica/
Fotônica/
Optoeletrônica
Ótica/TI
- Análise e diagnóstico
- Comunicações/
Iluminação
- Materiais
- Automóveis/Aviões/
Transporte
- Engenharia de
Produção
 - Adesão
 - Estampagem
- Metal-mecânica
- Biotecnologia/
Nanobiotecnologia
Saúde
- Agronegócio
- *...ninguém quer um
nanoalmoço,
nanocasa ou
nanocarro.*

Estudo

- Realizado para o CGEE em 2004
 - Divulgado pelo NAE (da PR) em 2007
- Metodologia
 - Levantamento e análise de patentes em bancos de dados
 - SciFinder Search, Derwent, USPTO, Espacenet (textos completos), INPI, Google Patents
 - Coleta e análise de notícias
 - Análise de documentos de programas nacionais

Programas nacionais

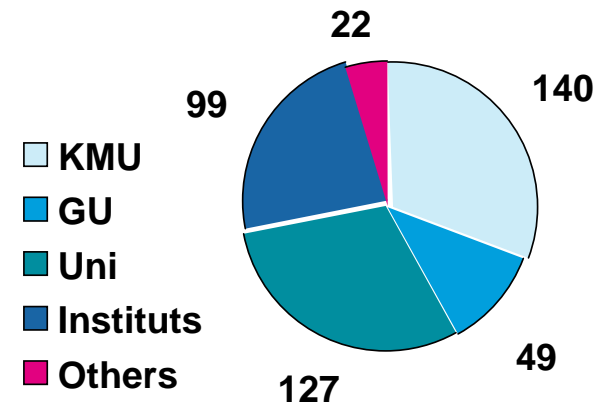
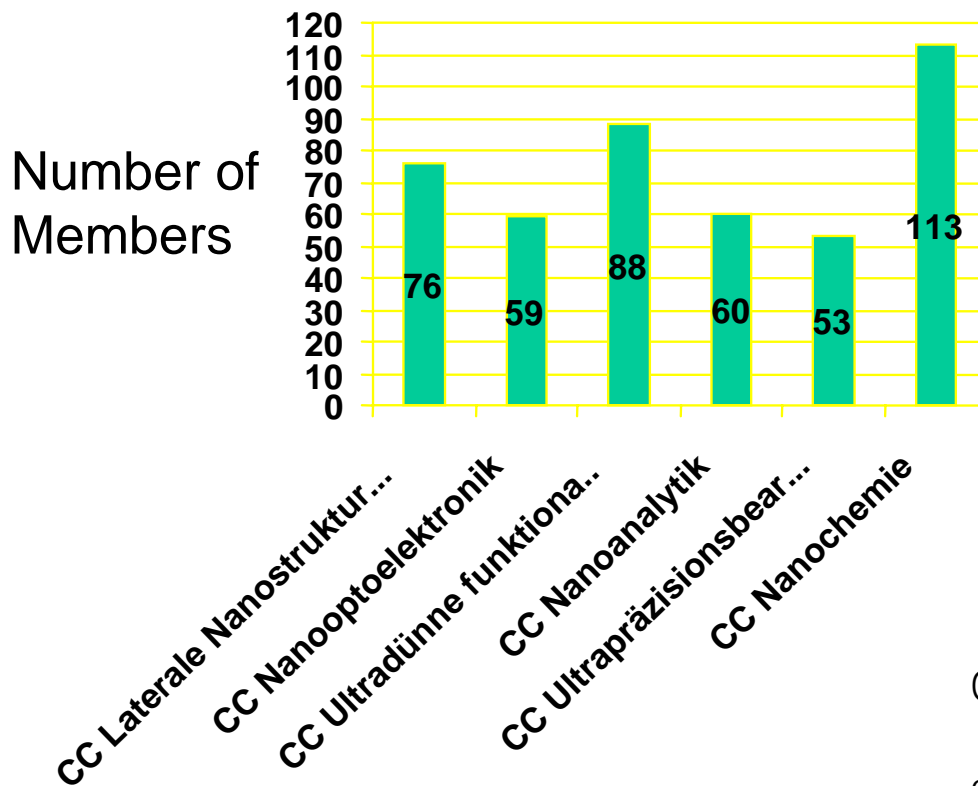
Estados Unidos, Alemanha, Espanha, França, Reino Unido, Suécia, Irlanda, Israel, Japão, Coreia, China, Taiwan, Índia, Austrália.

Conclusões

- **Todos os países** inovadores têm programas em nanotecnologia.
- Recursos são **crescentes**.
- **Envolvimento do maior número possível de participantes:** empresas, instituições acadêmicas e de pesquisa.
- **Características próprias** muito nítidas.
- Fortemente **vinculados às estratégias nacionais de competitividade e desenvolvimento econômico**.
- Alvos de curto, médio e longo prazos associados às **perspectivas de aproveitamento econômico dos resultados**, em cada país.
- **Atração de pesquisadores de outros países.**
 - oferta de emprego, condições excepcionais de pesquisa.

German Competence Centers on Nanotechnology

Countrywide Networks of Members
each with a Coordination Bureau at the Site of the Leader



Quelle: www.kompetenznetze.de

cortesia do Dr. Achim Zickler

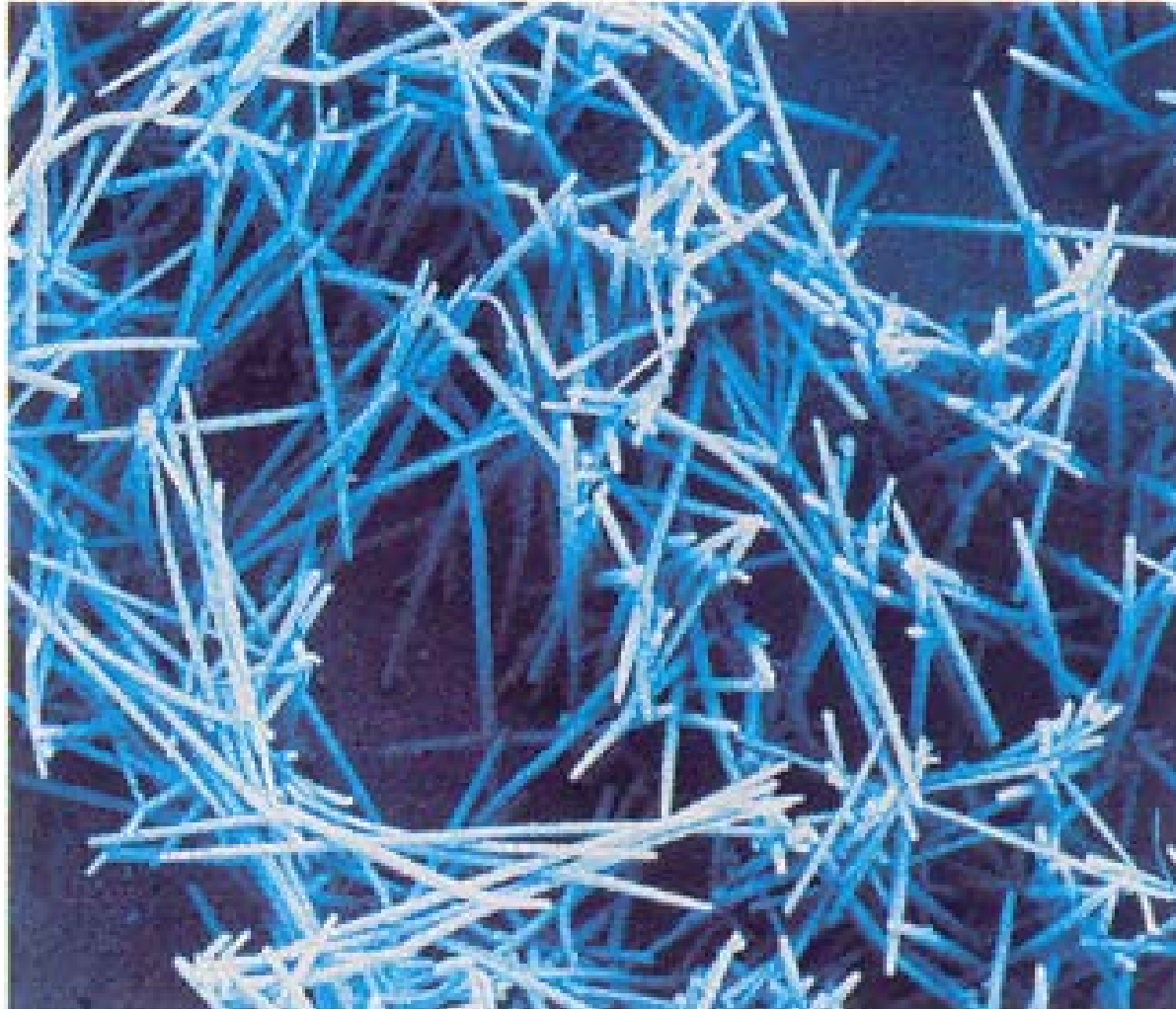
- **CC-NanoChem em 2001:**
 - 121 membros
 - 73 companhias
 - 48 instituições acadêmicas (uni, MPI)
 - **Produtos tecnológicos: produtos e processos desenvolvidos em 8 projetos coordenados pelo CC-NanoChem.**

- *Companhias*
 - 4base lab GmbH, Reutlingen
 - Across Barriers GmbH
 - [Adam Opel AG](#)
 - ADROP GmbH
 - Advanced Ferrite Technology (AFT), Backnang
 - [BASF AG, Ludwigshafen](#)
 - [Bayer AG Dormagen](#)
 - [Bayer AG, Krefeld](#)
 - [Bayer AG, Leverkusen](#)
 - Berlin Heart AG
 - BioTissue Technologies GmbH
 - BioTools
 - Blanco GmbH & Co. KG, Oberderdingen
 - Bundesdruckerei GmbH
 - Capsulation Nanoscience AG, Golm
 - CeramTec GmbH, Plochingen
 - Chirbase, Universität Tübingen
 - Christian Pohl GmbH, Köln
 - Poral GmbH
 - CREAVIS-Gesellschaft für Technologie und Innovation mbH
 - [DaimlerChrysler AG](#)
 - [DaimlerChrysler Aerospace](#)
 - [Degussa AG, Hanau](#)
 - Demmel GmbH & Co, Scheidegg
 - Dermatologisches und Pharmakologisches Labor Freiburg
 - Docter Optics GmbH
 - Dr. Födisch Umwelt-Messtechnik GmbH, Kulkwitz
 - Drägerwerk AG, Lübeck
 - Dusar GmbH, Anhausen
 - EADS Deutschland GmbH, München
 - ECHAZ microcollections (EMC)
 - Endress + Hauser Conducta, Gerlingen
 - Flachglas Automotive GmbH
 - GAIA-Akkumulatoren-Werke, Nordhausen
 - GAMBRO Dialysatoren GmbH & Co.KG, Hechingen

Gesellschaft für Mikroelektronikanwendungen mbH (GEMAC)
[Henkel KgaA, Düsseldorf](#)
[Hewlett-Packard GmbH, Waldbronn](#)
 IL-Metronic Sensortechnik GmbH, Ilmenau
[Jenoptik Mikrotechnik GmbH](#)
 Jeti GmbH, Jena
 Kleindiek Nanotechnik, Reutlingen
 KTB-Tumorforschungs GmbH
 Lehmann & Voss & Co., Hamburg
 Lurgi Umwelt GmbH, F.-E. Schadgasreinigung
 LCI Publisher GmbH
 Micro-Hybrid Electronic GmbH
 MoTech GmbH, Reutlingen
 Multi-Channel-Systems (MCS)
 Boven & Möller
 nanogate GmbH
 NanoMont Gesellschaft für NanoTechnologie GmbH, Luckenwalde
[Netzsch Feinmahltechnik GmbH](#)
 Pagette GmbH, Bottrop
 Pharmbiodyn, Denzlingen
 Prinz Optics GmbH, Stromberg
[Riedel-de-Haën GmbH, Seelze](#)
[Robert Bosch GmbH](#)
 Schweizer Optik, Forchheim
[Siemens AG](#)
 Sonochip Technologie GmbH & Co. KG, Sulzbach
 Süd-Chemie AG, Moosburg
 Team Nanotec GmbH, Villingen-Schwenningen
 Umweltsensortechnik GmbH (UST)

- 4base lab GmbH, Reutlingen
- Across Barriers GmbH
- Adam Opel AG
- ADROP GmbH
- Advanced Ferrite Technology (AFT), Backnang
- BASF AG, Ludwigshafen
- Bayer AG Dormagen
- Bayer AG, Krefeld
- Bayer AG, Leverkusen
- Berlin Heart AG
- BioTissue Technologies GmbH
- BioTools
- Blanco GmbH & Co. KG, Oberderdingen
- Bundesdruckerei GmbH
- Capsulation Nanoscience AG, Golm
- CeramTec GmbH, Plochingen
- Chirbase, Universität Tübingen
- Christian Pohl GmbH, Köln
- Poral GmbH
- CREAVIS-Gesellschaft für Technologie und Innovation GmbH

DaimlerChrysler AG
 DaimlerChrysler Aerospace
 Degussa AG, Hanau
 Demmel GmbH & Co, Scheidegg
 Dermatologisches und
 Pharmakologisches Labor Freiburg
 Docter Optics GmbH
 Dr. Födisch Umwelt-Messtechnik GmbH, Kulkwitz
 Drägerwerk AG, Lübeck
 Duser GmbH, Anhausen
 EADS Deutschland GmbH, München
 ECHAZ microcollections (EMC)
 Endress + Hauser Conducta, Gerlingen
 Flachglas Automotive GmbH
 GAIA-Akkumulatoren-Werke, Nordhausen
 GAMBRO Dialysatoren GmbH & Co.KG, Hechingen



HOME GROWN Nickel nanowires produced at GE have the potential to impact products across virtually all its businesses.

Existe uma Nanotecnologia da madeira, da argila, do minério de ferro e do álcool?

- Sim. Por exemplo: como se faz madeira auto-limpante, não-molhável e resistente ao ataque de fungos?
 - Resposta: com uma camada de material hidrofóbico nano-rugoso e quimicamente estável:



Madeira comum



Madeira nanotecnológica

Moldes anti-aderentes

- Revestimentos estáveis de superfícies de alumínio e outros substratos
 - Institut für Neue Materialien, Saarbrücken
 - Sant-Gobain Glass
 - Sunyx Surface Nanotechnologies (Köln)
 - Superfícies ultra-hidrofóbicas (roll-off angle 10°C)
- Revestimento hidrofóbico aderente + nanorugosidade
- Ciclos de produção mais rápidos
- Desmoldantes tornam-se desnecessários

Circuitos impressos

- Cima NanoTech
 - Aveka (subsidiária 3M, US) + Nanopowder (IL)
- Nanopartículas para tintas inkjet e revestimentos condutores transparentes
- Patentes: nanopartículas e ligas nanometálicas
 - **Plataforma para fabricantes de circuitos e dispositivos eletrônicos**

Metais

- Partículas de aços formadores de vidros metálicos
- Pulverizadas sobre superfícies
- Devitrificadas por aquecimento
- Aumento de dureza **SEM** redução da tenacidade (quebra de paradigma)
- **Resistência à abrasão, corrosão e impacto, elevada tenacidade**
 - The NanoSteel Company
 - Metallicum (Ti)

Nanotecnologia na Indústria Química

- Qian Qiu Zhao, Arthur Boxman and Uma Chowdhry (DuPont), Nanotechnology in the Chemical Industry – Opportunities and Challenges, Journal of Nanoparticle Research 5, 2003, 567-572.
- Novos produtos e novas oportunidades de Mercado virão, provavelmente, das especialidades químicas e de novas funcionalidades obtidas graças às novas tecnologias de processo e às novas metodologias de controle de microestruturas. Hoje, é bem conhecido que, tanto quanto a estrutura molecular, a microestrutura de um material tem um papel determinante das suas propriedades. **Portanto, o controle de estruturas nos níveis micro e nano é essencial para o surgimento de novas descobertas.**

Nanotecnologia na Indústria Química (cont.)

“Nanotechnology is an important new research area. The chemical industry **may be the only industry with R&D capabilities and expertise to commercialize nanotechnology advances**....Consequently, the chemical industry should have a voice in the selection of R&D topics pursued by the Federal government. The **chemical industry, along with the electronics industry, are the two industries that have the most to benefit from guiding the nanotechnology R&D funding.**”

- <http://www.chemicalvision2020.org/nanotechnology.html>

Quando começou?

- Um conhecimento tecnológico “antigo”: nanopartículas de negro de fumo e/ou de sílica são essenciais para se fazer boas borrachas.
- Hoje: novas maneiras de se fazer nanopartículas e de juntá-las a polímeros, tensoativos e outras moléculas permitem a criação de muitos materiais funcionais.
 - Desde medicamentos a dispositivos eletrônicos.

GROWTH

U.S. nanomaterials markets to expand significantly

					ANNUAL GROWTH
\$ MILLIONS	2002	2007	2012	2020	2002-20
Minerals	\$140	\$675	\$2,100	\$11,500	28%
Metals	45	150	500	3,000	26
Polymers & chemicals	5	175	1,400	15,500	56
New materials ^a	10	100	500	5,000	41
TOTAL	\$200	\$1,100	\$4,500	\$35,000	33%

^a Includes carbon nanotubes. SOURCE: Freedonia Group

**Projeção de 2006 para 2020: US\$ 44 Bi
só em nanocompósitos poliméricos**



- **Process for creating composite materials to produce polymer nanocomposite films that exhibit improved light fastness properties.** Zur Loye, Hans-Conrad; Hansen, Tara; Barber, Peter; Stone, John. (University of South Carolina, USA). PCT Int. Appl. (2006),
- **Polymer/clay nanocomposite films with improved light fastness properties and process for producing same.** Scrivens, Walter; Fei, Dongling. (University of South Carolina, USA). PCT Int. Appl. (2006), 29pp.
- **Polymer nanocomposites for manufacture of agricultural foils and procedures for its production.** Kretzschmar, Bernd; Leuteritz, Andreas; Engelhardt, Thomas; Kuesters, Ralf. (Leibniz-Institut Fuer Polymerforschung Dresden e.V., Germany; A. Schulman GmbH; Sued-Chemie AG). Ger. Offen. (2006), 7pp.
- **Preparation of polymer/montmorillonite nanocomposite hydrophilic film.** Ma, Jun; Ma, Yuxin. (Harbin Institute of Technology, Peop. Rep. China). Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu (2005), 8pp.
- **Transparent polymer nanocomposites containing surface modified metal sulfide nanoparticles having high refractive index.** Denisyuk, Igor Y.; Williams, Todd R. (3M Innovative Properties Company, USA). U.S. Pat. Appl. Publ. (2006), 6pp.

Quem patenteia, no mundo?

- Número de patentes depositadas com as palavras-chaves “nanocomposite(s) AND clay(s)”: 216 patentes concedidas e 76 requeridas, total de 292 patentes*
- Número de patentes recuperadas com a palavra-chave “nanocomposite(s)”: 807 concedidas e 347 requeridas, total de 1154 patentes.*
- As dez empresas que mais patentearam em nanocompósitos poliméricos: Eastman Kodak, AMCOL International, Eastman Chemical, Dow Chemical, BASF, Bekaert, Sumimoto Special Metals, Rohm and Haas, Exxonmobil Chemical Patents e Matsushita Electric.
- Entre as instituições de pesquisa que depositaram patentes constam: University of South Carolina Research Foundation, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Industrial Technology Research Institute de Taiwan, University of Chicago, University of Massachusetts, Cornell Research Foundation, Kawamura Institute of Chemical Research e MIT (Massachusetts Institute of Technology).

* Informações obtidas no site da Thompson Delphion™ <https://www.delphion.com/cgi-bin/patsearch> período 1997-2004.

Novos produtos e processos

- Materiais de uso geral
 - Ganhos em permeabilidade, propriedades mecânicas, propriedades elétricas, processabilidade, dispensa de uso de plastificantes
- Dispositivos
 - Para equipamentos eletrônicos, materiais elétricos, materiais hospitalares e para diagnóstico

Produto: nanocompósito

- Gerar novos materiais poliméricos usando nanopartículas



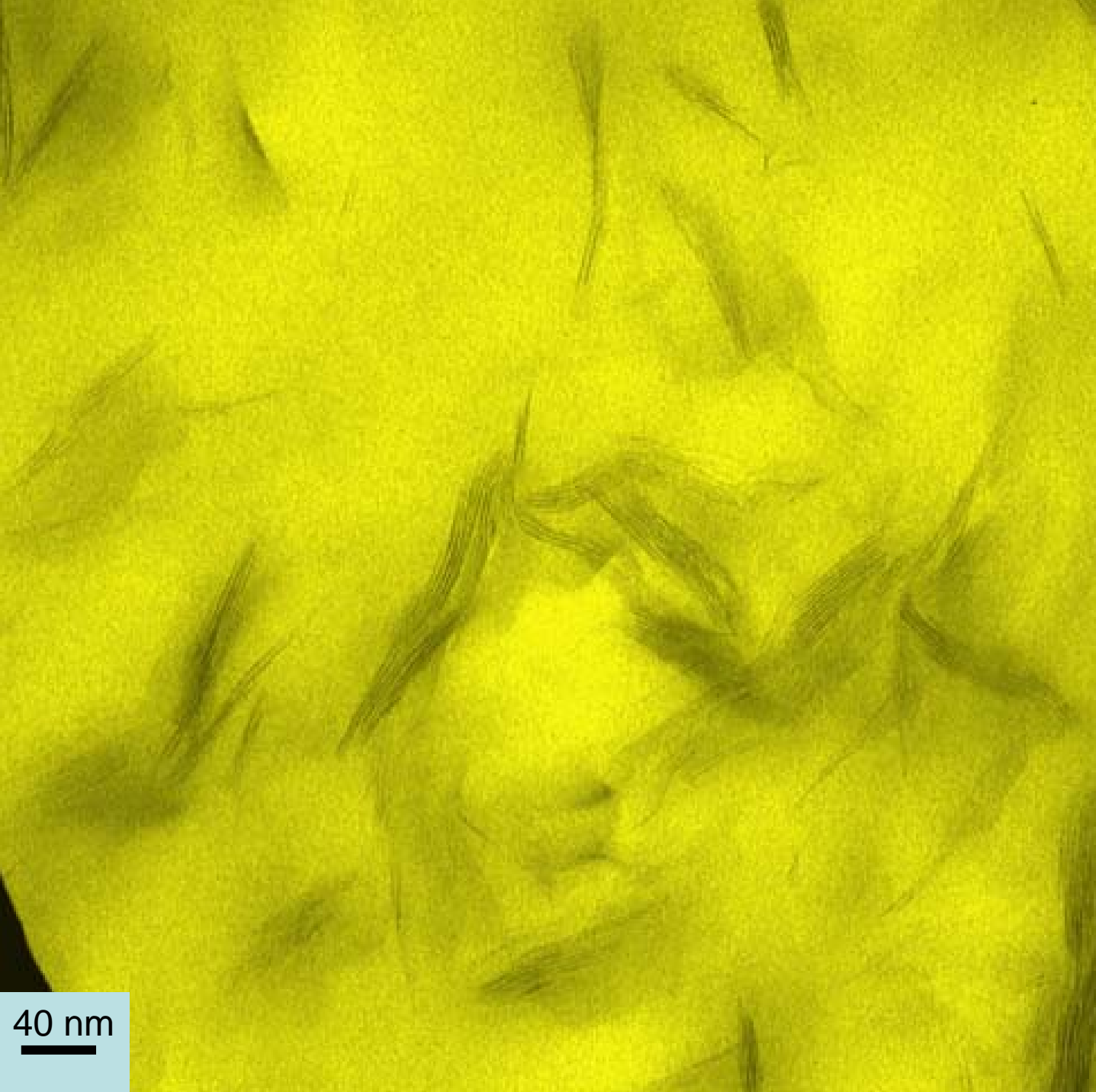
polímero ↓ + argila



nanocompósito

- InMat/Michelin: redução de permeabilidade de borrachas a gases, para a indústria de pneus.
- Toyota: montmorillonita em poliamida. Redução de permeabilidade e elevação de temperatura de flexão.
- Separar lâminas de silicato, dispersar e orientar as lâminas em matriz de polímero.

**Nanocompósito
polímero-argila**



40 nm

Principal atrativo

- É possível mudar drasticamente as propriedades mecânicas de um polímero, SEM alterá-lo quimicamente.



Sem argila:
péssimo filme

Com argila: um
filme uniforme
e aderente

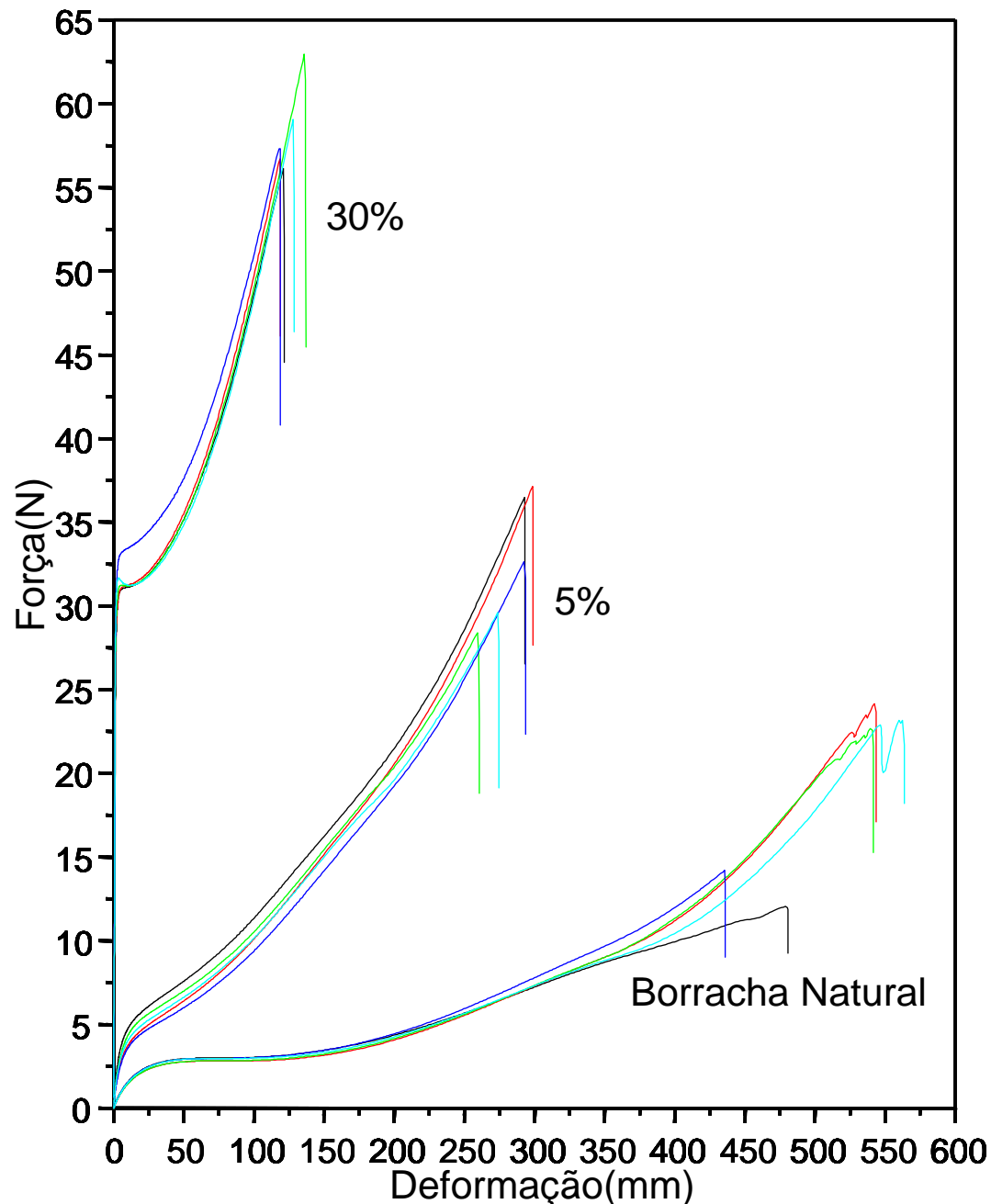
Propriedades mecânicas inéditas

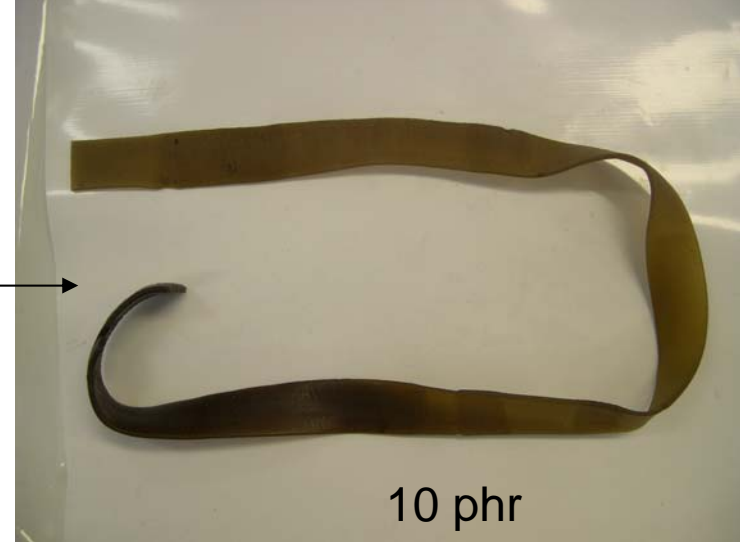
Perspectivas:

- **Borracha**
termoplástica
reciclável
- **Adesivos de alto**
desempenho
- **Materiais para geração**
de energia

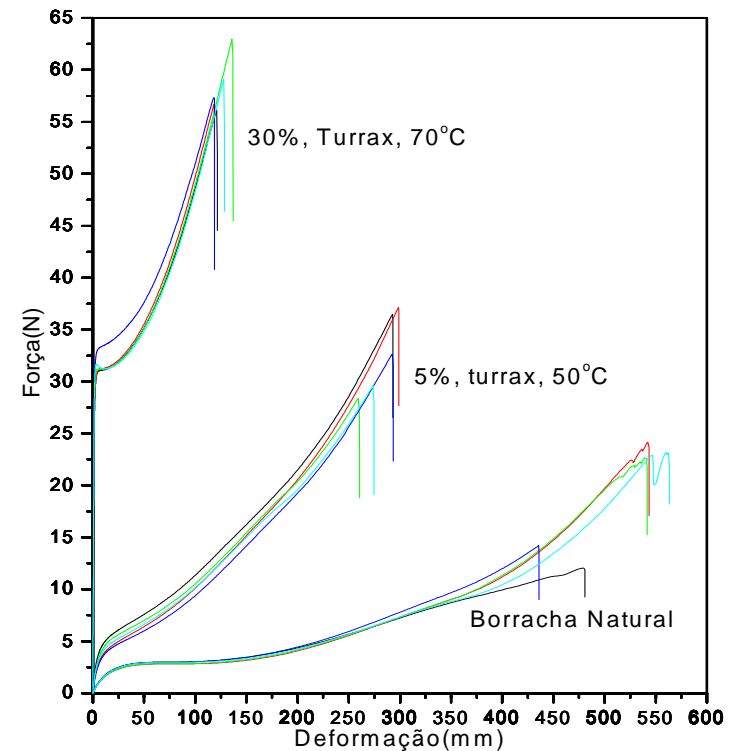
Unicamp/Orbys/IBTeC/
Finep

Patente em 2004, novas
patentes em 2006, 2007





Uma aplicação:
elastômero
termoplástico com
qualquer borracha
(meta: pneus
recicláveis)



Situação atual

- Contrato de licenciamento com uma empresa de desenvolvimento (Orbys)
 - Projeto Finep
- Projeto com a Oxiteno (produtora de tensoativos)
 - Inclui UFCG e UFSCar
- Em 2007: pelo menos três novas patentes sobre nanocompósitos
- Em 2001: encomenda da Rhodia-Ster
 - Resultou uma PCT

Polimerização em emulsão: Oxitenó

- **Usando as mesmas matérias-primas e o mesmo procedimento experimental**
- **...obtem-se produtos diferentes**
- **...apenas mudando o tensoativo**
(formador de nanoestruturas por auto-ordenamento)

Adesão de látex a filme de LDPE



RE040A



RE440C (90/10)



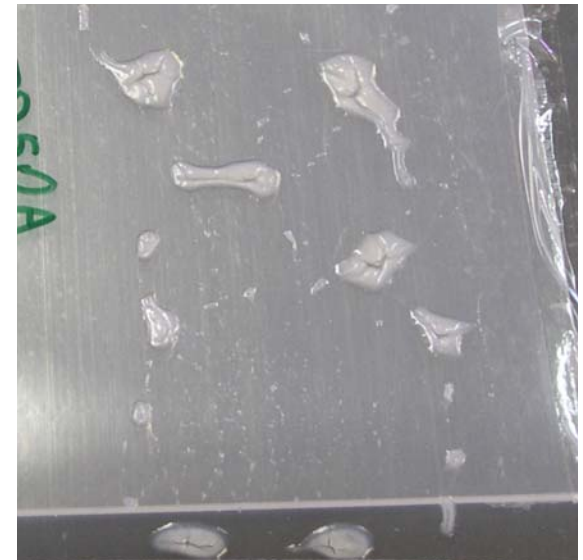
RE440B (75/25)



RE440A (50/50)



RE230B



UTD50A

Luz refletida, fundo negro

AK095A

HBV09A

R1000B

R1040A

R1040B

RE120C

RE440B

RE440C

RE440D

UTD50A

Pigmentos brancos

- The **albedo** or "whitening" was seen by many alchemists as **the climax of their work**. As Jung put it: "From the darkness of the unconscious comes the light of illumination, the *albedo*."
- It is a time of cleansing, purifying, sifting and sorting; a bit like wiping away the muck that prevents clear-sightedness.

<http://alch3my.tribe.net/>

Pigmentos brancos, 2007

- Um único pigmento branco domina o mercado mundial: o óxido de titânio.
- Um pigmento branco é uma substância capaz de (retro) espalhar a luz com grande eficiência.
- Isso exige
 - gradientes elevados de índice de refração
 - tamanhos de partículas (ou de domínios) apropriados
 - Conforme a teoria de Mie, “a última grande teoria pré-quântica, da matéria”, amplamente ignorada

Fosfatos de alumínio são materiais versáteis

- Cristalinos ou amorfos
- Muitos métodos sintéticos
- Muitas propriedades diferenciadas
 - dependendo do método sintético
- Partículas, fibras, cristais, filmes
- Partículas são usadas como
 - suporte de catalisador
 - adjuvantes na fabricação de vacinas
 - medicamentos anti-ácidos
 - aditivos de tintas anti-corrosivas

Podemos fazer um pigmento branco de fosfato de alumínio?

- **Sim, pigmento branco baseado na formação de partículas com vazios (ocas).**
- **Os vazios podem ser:**
 - **preformados**
 - **formados durante a secagem da tinta**
 - **uma propriedade emergente**
 - **o resultado de um raro processo de formação de nano-estruturas auto-organizadas.**

Pigmento branco de fosfato de alumínio

- **Partículas brancas, com poros fechados**
 - Biphor, um novo pigmento branco
 - Criado, **patenteado** e publicado na Unicamp, nos anos 90
 - poster premiado na ICSCS em Compiègne, 1991
 - contrato com a Serrana de Mineração, em 1995
 - Lançado pela Bunge Fertilizantes no Congresso da Abrafati em 9/2005, www.biphorpigments.com
 - Apresentação na International Coatings Expo (New Orleans) em 11/2006
 - Apresentação em Nuremberg, 2007

Base científica

- Beppu MM, Lima ECDO, Galembeck F.; Aluminum phosphate particles containing closed pores. Preparation, characterization, and use as a White pigment; JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE, 1996, 178 (1): 93-103.
- Lima ECD, Beppu MM, Galembeck F, Valente JF, Soares DM.; Non-crystalline aluminum polyphosphates: Preparation and properties; JOURNAL OF BRAZILIAN CHEMICAL SOCIETY, 1996, 7 (3): 209-215.
- Lima ECD, Beppu MM, Galembeck F.; Nanosized particles of aluminum polyphosphate; LANGMUIR, 1996, 12 (7): 1701-1703.
- Beppu MM, Lima ECD, Sassaki RM, Galembeck F.; Self-opacifying aluminum phosphate particles for paint film pigmentation; JOURNAL OF COATINGS TECHNOLOGY, 1997, 69 (867): 81-88.
- De Souza EF, Bezerra CC, Galembeck F.; Bicontinuous networks made of polyphosphates and of thermoplastic polymers; POLYMER, 1997, 38 (26): 6285-6293.

- Monteiro VAD, de Souza EF, de Azevedo MMM, Galembeck F.; Aluminum polyphosphate nanoparticles: Preparation, particle size determination and microchemistry; JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE, 1999, 217 (2): 237-248.
- De Souza EF, da Silva MDCVM, Galembeck F.; Improved latex film-glass adhesion under wet environments by using an aluminum polyphosphate filler; JOURNAL OF ADHESION SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1999, 13 (3): 357-378.
- Azevedo MMM, Bueno MIMS, Davanzo CU, Galembeck F.; Coexistence of liquid phases in the sodium polyphosphate-chromium nitrate-water system; JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE, 2002, 248 (1): 185-193.

Teses e dissertações

- 1990: Obtenção de Novos Materiais pelo Processo Sol-Gel; Óxidos e Fosfatos de Ferro. PhD Thesis, P.P. Abreu-Filho
- 1991: Obtenção e Caracterização de Metafosfatos de Alumínio: um Novo Pigmento Branco. MSc Dissertation, Emília C.de Oliveira Lima.
- 1995: Gelificação termorreversível em soluções aquosas de polifosfato de alumínio. PhD Thesis, Emília C. de Oliveira Lima.
- 1996: Géis, vidros e compósitos de polifosfatos de cálcio, de ferro (III) e mistos. MSc Dissertation, Nancy C. Masson.
- 1996: Obtenção e caracterização de fosfatos de alumínio amorfos. MSc Dissertation, Marisa M. Beppu.
- 1998: Vítor Augusto do Rego Monteiro. Nanopartículas de polifosfato de alumínio. MSc Dissertation, V.A. do Rego Monteiro.

As primeiras patentes

- 1991: Processo de Obtenção de Pigmentos Brancos, PI 9104581-9. *E.C.O. Lima and F. Galembeck*
- 1994: Processo de Síntese de Partículas Ocas de Fosfato de Alumínio. PI 9400746-2. *M.M. Beppu and F. Galembeck*
- 1995: Processo de Obtenção de Partículas Ocas de um Metafosfato Duplo de Alumínio e Cálcio em Látex Poliméricos. PI 9500522-6. *E.F. de Souza and F. Galembeck*
- 1997: Processo de Síntese de Partículas de Fosfato e Polifosfatos de Ferro (III), simples duplos ou múltiplos, não-cristalinos. PI 9700586-0. *E.F. de Souza and F. Galembeck*

O processo e produto atuais

- 2004 - Produto e Processo de Fabricação de um Pigmento Branco Baseado na Síntese de Partículas Ocas de Ortofosfato ou Polifosfato de Alumínio. *PI0403713-8*

2006

- ` 20060211798 Aluminum phosphate, polyphosphate and metaphosphate particles and their use as pigments in paints and method of making same
- 20060045831 Aluminum phosphate or polyphosphate particles for use as pigments in paints and method of making same

Inventors: F. Galembeck and J. de Brito

Assignees: Unicamp and Bunge

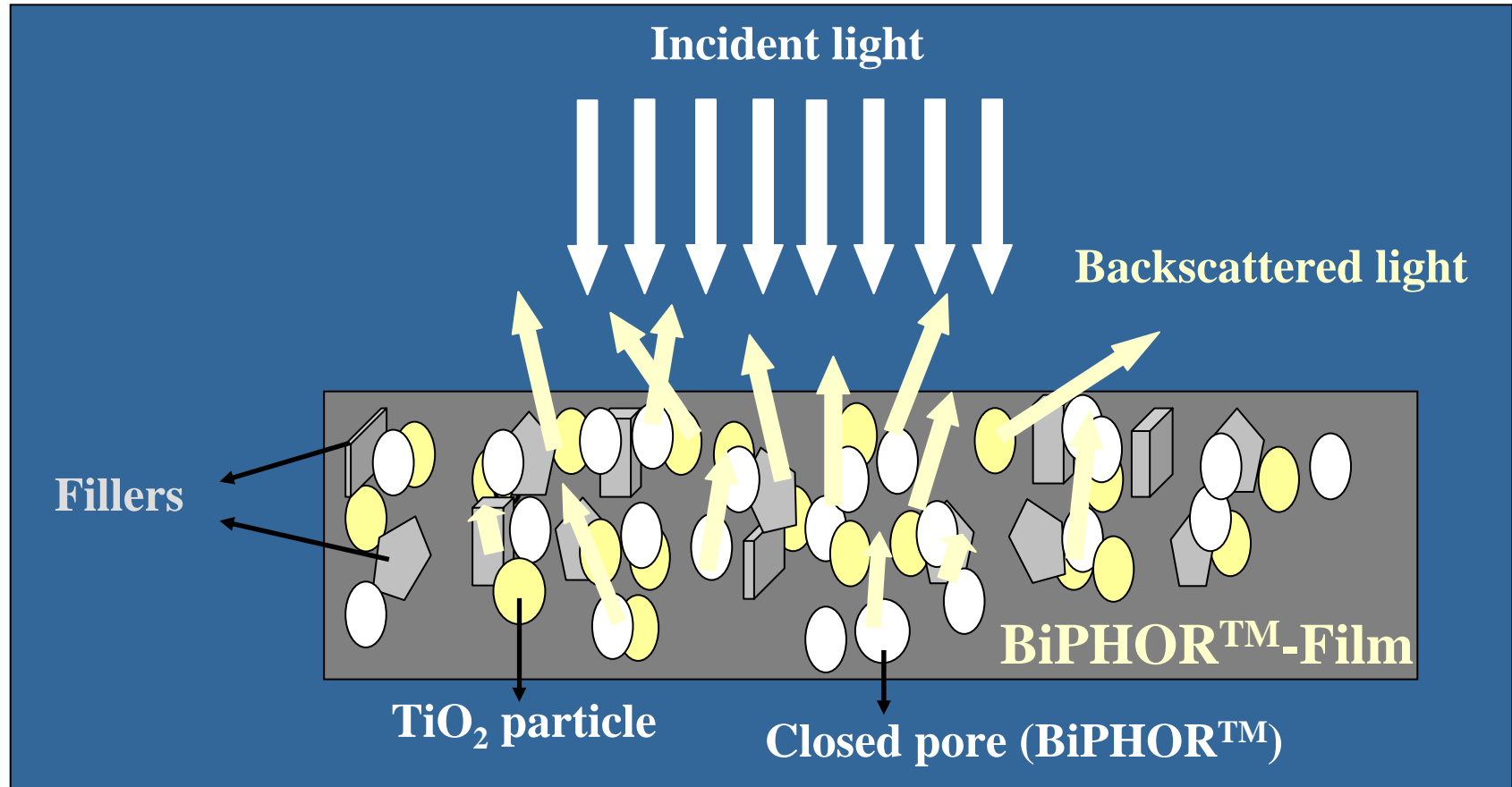
Como funciona?


BiPHOR™
The New White Pigment



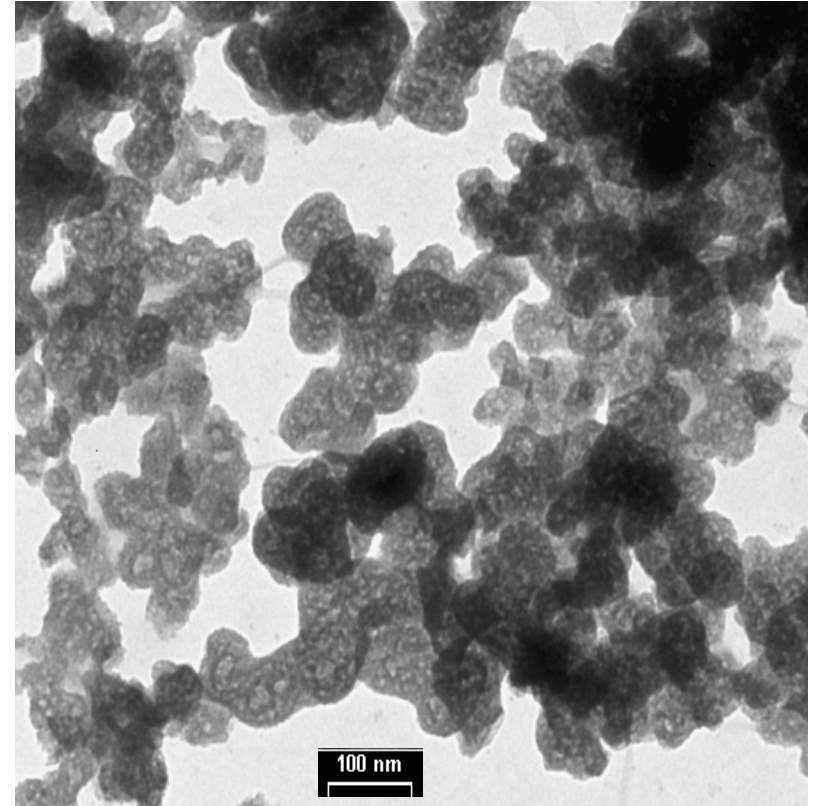
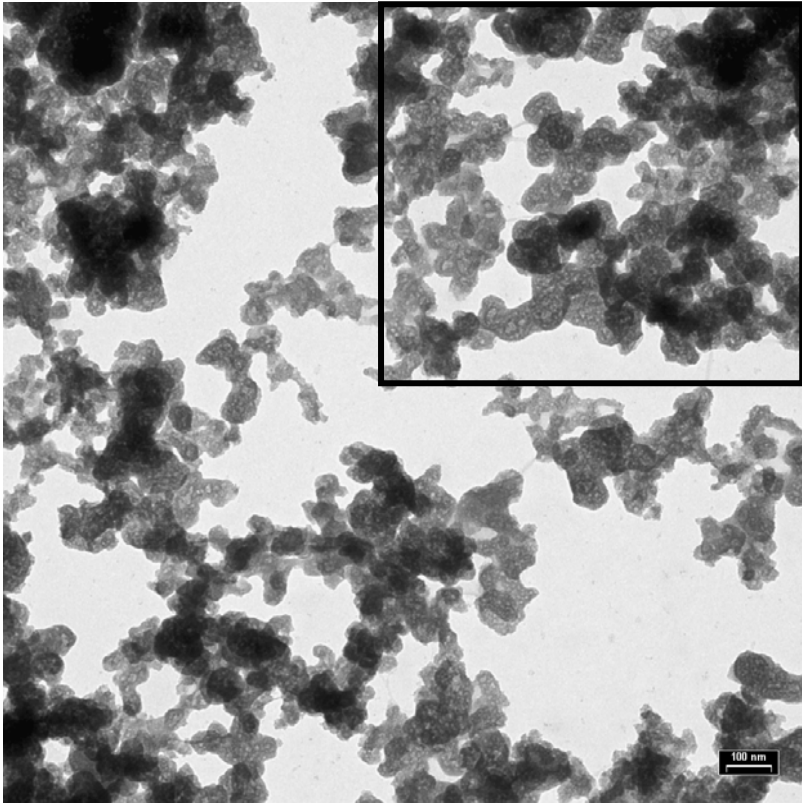
Cerveja Pilsen é amarela, mas a espuma é branca.

Light Backscattering by BiPHOR™-Resin Film



Pigment particles as well as closed pores are scattered
and they backscatter incident light
Large refractive index difference between the resin
and the particles or closed pores

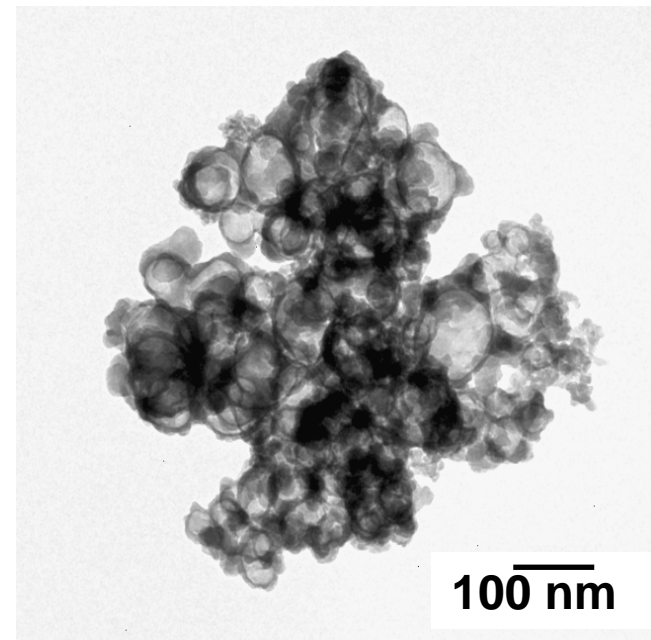
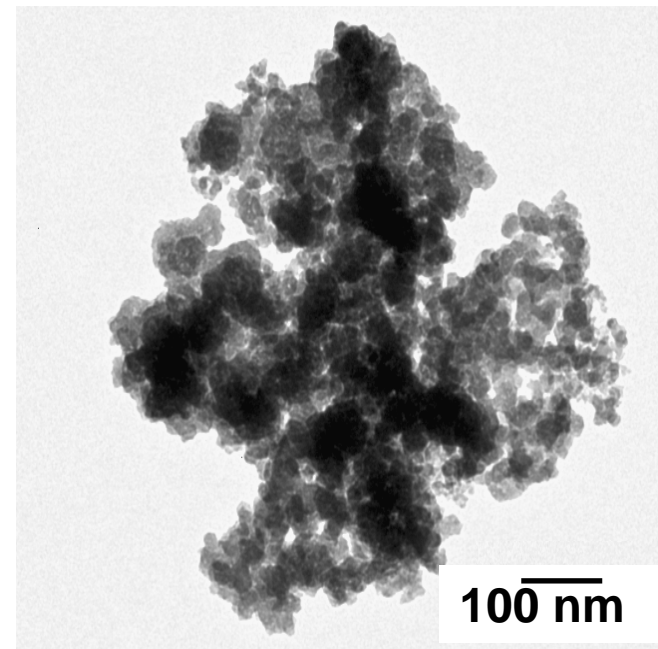
Microscopia eletrônica de transmissão



*partículas com vazios (poros
fechados)*

Nanoestrutura de caroço-casca

- Partículas sob o feixe de elétrons perdem material do seu interior sem sofrer mudanças significativas no volume.
- Interior plástico, paredes rígidas.



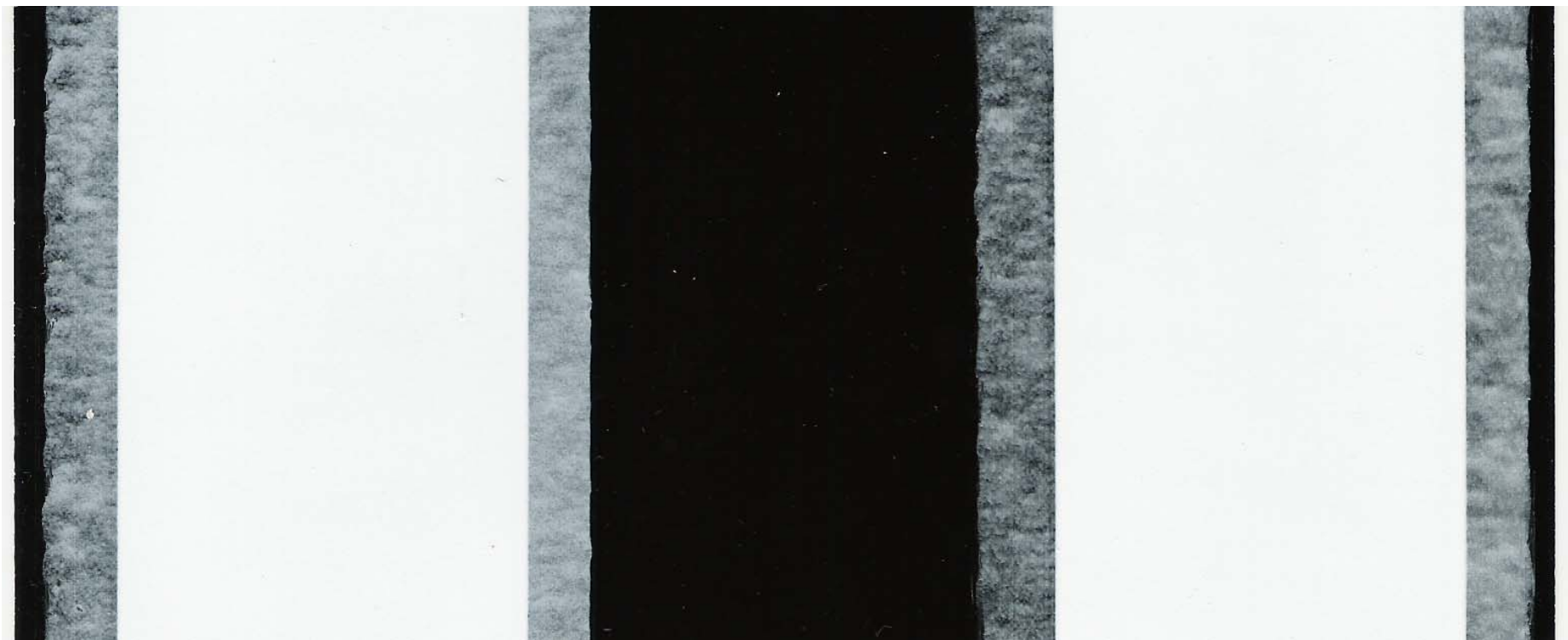
Livre de problemas ambientais e toxicológicos

- Química úmida sob condições brandas
- Sem efluentes
- Resíduos podem ser descartados com segurança
 - compostagem

Excelente poder de cobertura

Controle: 100% TiO₂

50% BiPHOR™



TEST	Standard Formula	Formula using BiPHOR™ slurry
Description	100% TiO₂	50% BiPHOR™ + 50% TiO₂
<u>Hiding</u>		
At 9.8 m ² /L (%)	92.5	92.1
At 6.6 m ² /L (%)	94.4	94.5
<u>At 6.6 m²/L (%)</u>		
Reflectance (%)	90.1	90.1
Whiteness Index (%)	79	78.8
Yellowness Index (%)	4.0	4.2
Gloss - 60° (units)	2	2
Sheen - 85° (units)	1	2
<u>Washability – Reflectance Recovery</u>		
Before washing (%)	87.6	87.0
After washing (%)	54.0	53.1
Reflectance Recovery (%)	61.7	61.0

Source: DL Labs, Inc. 74 Kent Street Brooklyn, New York.

50% BiPHOR™

**Reologia
adequada**

controle



Estágio atual

- **Planta em Cajati: capacidade de uma tonelada por batelada.**
- **Para introduzir o produto no mercado**
 - **amostras para desenvolvimento e lotes-piloto**
- **Unidade piloto de plantas de grande porte (>100 mil toneladas/ano)**



Conclusão

- Nanotecnologia é uma realidade
- Em todos os tipos de indústrias
- Em muitos países, inclusive no Brasil
- **NÃO depende de recursos ilimitados**
- Depende de pesquisadores criativos, que leiam e escrevam patentes e de pessoas que entendam o mercado
- **Quem não estiver fazendo, está perdendo tempo**